

РОЗВИТОК МЕТОДІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В МОБІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Штойко О.О., Лисенко О. І.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: shtoyko1999@gmail.com

DEVELOPMENT OF ROUTING METHODS IN MOBILE SENSOR NETWORKS

The article describes an example of the implementation of a mobile sensor network based on the protocol RASeR and its advantages.

Метою роботи є порівняльний аналіз протоколу маршрутизації RASeR (Robust Ad-hoc Sensor Routing) з такими відомими протоколами, як MACRO (MAC / Routing protocol), OLSR (Optimized Link-State Routing) і AODV (Ad hoc OnDemand Distance Vector), відносно бездротової сенсорної мережі з мобільними вузлами. Передбачається, що даний протокол буде використовуватися в бездротової сенсорної мережі для забезпечення зв'язку групи безпілотних літальних апаратів.

RASeR використовує техніку сліпого пересилання в БСМ для передачі пакетів приймача, а також протоколи управління доступом до середовища (MAC рівень) з тимчасовим поділом каналів (TDMA) для вирішення проблеми підтримки актуального градієнта в топології, що змінюється без ризику виникнення широкомовного шторму. Таким чином, кожен вузол здійснює розсилку в певному порядку, відповідно за часовим інтервалом - слотом, тривалість якого розрахована для передачі одного пакета. Тривалість тимчасових інтервалів і номери вузлів встановлюються до розгортання мережі, що робить протокол RASeR адаптованим. Оскільки кожен вузол знає, коли очікується запуск кожного слоту під час прослуховування широкомовної передачі іншого вузла, він порівнює час прибуття пакета з початком відліку очікуваного запуску. Крім того, якщо для отримання інформації про місцезнаходження використовується система навігації, то кожен вузол може синхронізувати свій годинник з отриманим часом із супутників.

Протокол RASeR використовує метод сліпого пересилання, при цьому рішення про пересилання даних проводиться приймальним вузлом на основі значення кількості переходів до приймального вузла. Таким чином, коли вузол виконує розсилку, пакет приймається всіма сусідами в зоні видимості. Потім кожен сусідній вузол порівнює кількість переходів, яке відоме з прийнятого пакета, зі своїм власним. Потім, якщо кількість переходів вузла менша, ніж кількість переходів в прийнятому пакеті, пакет повинен бути переадресований. Якщо власне кількість переходів вузла більше, ніж кількість переходів в прийнятому пакеті, пакет видаляється, а якщо ці величини рівні, необхідно

враховувати пріоритет пакетів. Пріоритети використовуються для управління кількістю маршрутів, тим самим надлишкове дублювання пакетів в мережі зводиться до мінімуму і в той же час підвищується надійність протоколу через різноманітність маршрутів. Загальний алгоритм роботи в кожному часовому інтервалі для вузлів мережі, побудованої на основі протоколу маршрутизації RASeR, показаний на рис. 1 у вигляді блок-схеми.

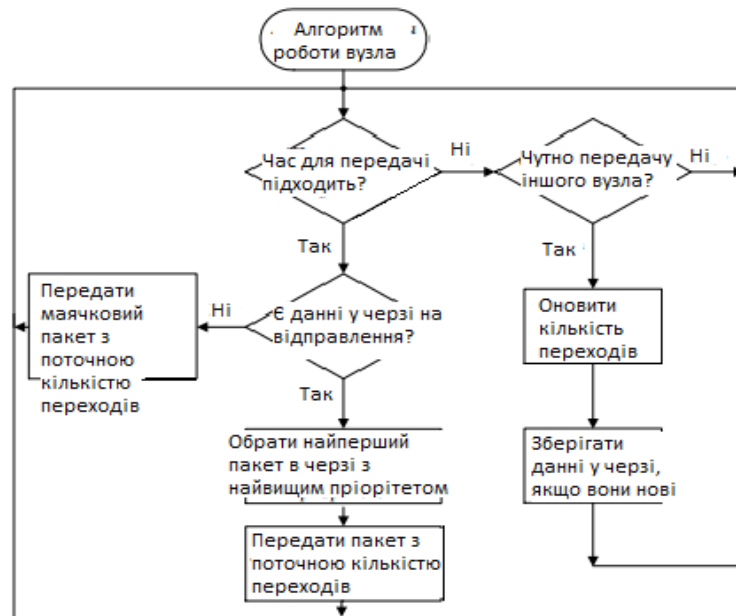


Рис. 1. Алгоритм роботи вузла протоколу RASeR.

Ключовими характеристиками протоколу RASeR, які роблять його надійним, є те, що кожен вузол може виступати маршрутизатором, що здійснює розгалуження маршруту передачі пакету. З цього випливає, що можлива реалізація одночасно декількох напрямків до базової станції, що значно знижує втрату пакетів при частих змінах топології мережі. Крім того, оскільки кожен вузол поводить себе однаково, це дозволяє підтримувати протокол простим і може дозволити організувати мережу з великою кількістю вузлів. Для оцінки продуктивності протоколу RASeR далі представлені порівняльні характеристики з іншими протоколами відповідно до заданих критеріїв при різних швидкостях пересування вузлів, масштабованості, а також при різних навантаженнях трафіку мережі. Характеристики протоколу маршрутизації RASeR отримані в результаті моделювання в програмному середовищі MATLAB [1].

Вихідні дані, які використовувалися при моделюванні, представлено в таблиці 1. Дані протоколів AODV, OLSR, MACRO були отримані в [2] шляхом моделювання в програмному середовищі OPNET Modeler [3].

Результати порівняльних характеристик протоколів (див. таблиці 2) продемонстрували, що протокол RASeR має перевагу над іншими в разі зміни швидкості пересування вузлів мережі. Однак рівень середнього споживання енергії даного протоколу незначно поступається протоколу MACRO.

Таблиця 1. Вихідні данні для моделювання.

Кількість вузлів в мережі	n	25
Довжина однієї сторони квадратної області мережі, м	L	600
Радіус покриття вузлів, м	r	200
Швидкість передачі, біт, кбіт/с	R_b	250
Максимальна швидкість переміщення вузлів, м/с	V_{max}	25
Швидкість генерації пакету, пакет/с	f_p	1
Розмір даних, що генеруються, біт	L_{data}	32
Загальний розмір пакету, біт	L_p	47
Напруга живлення, В	V_{batt}	3
Струм при передачі даних, мА	I_{tx}	16,5
Струм при прийомі даних, мА	I_{rx}	15,5

Таблиця 2. Результати порівняльних характеристик протоколів.

	Швидкість пересування вузлів, м/с	MACRO	OLSR	AODV	RASeR
Коефіцієнт доставки пакетів (PDR)	3	1	0,46	0,74	1
	10	0,99	0,5	0,77	0,99
	20	0,98	0,51	0,74	0,98
	40	0,97	0,53	0,73	0,98
Середня наскрізна затримка	3	0,05	0,138	1,2	0,01
	10	0,065	0,131	1,18	0,01
	20	0,075	0,125	1,21	0,01
	40	0,06	0,121	1,23	0,01
Середні непродуктивні витрати, біт	3	112	480	640	77
	10	119	460	505	77,6
	20	120	464	479	77,8
	40	123	465	466	78
Пропускна здатність, біт/с	3	641	300	499	718
	10	640	349	511	718,4
	20	639	358	510	718,2
	40	639	359	506	717
Середнє споживання енергії, Дж/с	3	0,0017	0,0146	0,0163	0,0036
	10	0,0018	0,0149	0,0174	0,0036
	20	0,0019	0,0142	0,0178	0,0037
	40	0,0021	0,0141	0,0176	0,0037

Використання протоколу RASeR циклічного характеру управлінням доступу до середовища виключає появу широкомовного шторму, а також, незважаючи на відсутність механізму запобігання зіткнень і повторних передач, зберігає надійність доставки пакетів навіть при високій частоті зміни топології. У разі виходу з ладу будь-якого з вузлів мережі, існує можливість його заміни працездатним вузлом з таким же ідентифікаційним номером, що не вплине на якість обслуговування мережі.

Література

1. MATLAB Analyze data, develop algorithms, and create mathematical model [Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/>].
2. Hayes T., Ali F.H. Robust Ad-hoc Sensor Routing (RASeR) protocol for mobile wireless sensor networks // Ad Hoc Networks. – 2016. – P. 128–144.
3. OPNET is now part of Riverbed [Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.riverbed.com/gb/products/steelcentral/opnet.html?redirect=opnet?redirect=opnet>].